

(19)日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開平9-260498

(43)公開日 平成9年(1997)10月3日

(51)Int.Cl.<sup>6</sup>

H 0 1 L 21/82

G 0 6 F 17/50

識別記号

庁内整理番号

F I

H 0 1 L 21/82

G 0 6 F 15/60

W

6 5 8 E

6 6 8 A

技術表示箇所

審査請求 未請求 請求項の数4 F D (全 8 頁)

(21)出願番号 特願平8-88829

(22)出願日 平成8年(1996)3月18日

(71)出願人 000002897

大日本印刷株式会社

東京都新宿区市谷加賀町一丁目1番1号

(72)発明者 大澤 伊作

東京都新宿区市谷加賀町一丁目1番1号

大日本印刷株式会社内

(72)発明者 奈良 秀之

東京都新宿区市谷加賀町一丁目1番1号

大日本印刷株式会社内

(72)発明者 佐藤 秀樹

東京都新宿区市谷加賀町一丁目1番1号

大日本印刷株式会社内

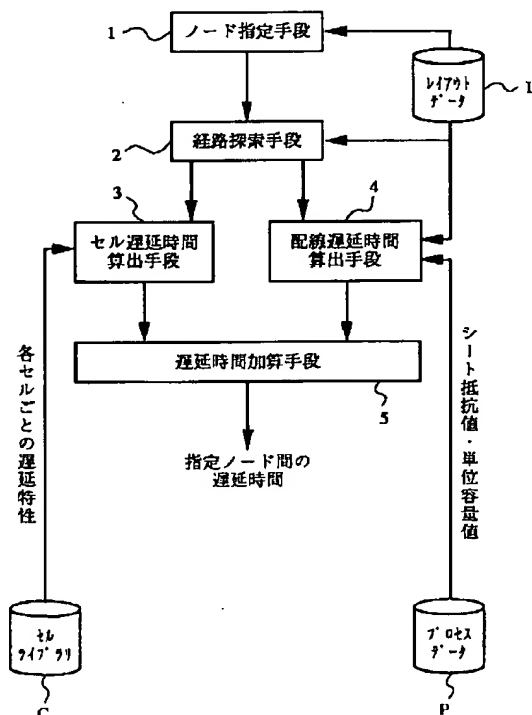
(74)代理人 弁理士 志村 浩

(54)【発明の名称】 集積回路における指定ノード間の遅延時間算出装置

(57)【要約】

【課題】 任意の指定ノード間の遅延時間を自動的に算出する。

【解決手段】 ノード指定手段1により、セル相互の接続関係をオペレータに提示し、オペレータはマウスまたはキーボードにより始点ノードと終点ノードとを指定する。経路探索手段2は、レイアウトデータLに基づいて、両ノード間の経路を探索する。探索経路上の個々のセルの遅延時間は、セルライブラリC内の遅延特性に基づいてセル遅延時間算出手段3によって算出され、探索経路上の個々のセル間配線の遅延時間は、プロセスデータPおよびレイアウトデータLを参照して、CR回路の遅延特性に基づいて配線遅延時間算出手段4によって算出される。探索経路上の全遅延時間は、遅延時間加算手段5による加算結果として出力される。



**【特許請求の範囲】**

**【請求項1】** 予め用意されたセルライブラリ内のセルを組み合わせることにより設計された集積回路において、指定された2つのノード間の遅延時間を算出するための装置であって、

前記集積回路の構成を示すレイアウトデータに基づいてセル相互の接続関係をオペレータに提示し、セル間に存在する複数のノードの中から始点ノードと終点ノードとを指定する情報を入力するノード指定手段と、

前記レイアウトデータに基づいて、前記始点ノードから前記終点ノードに至るまでの経路を探索する経路探索手段と、

前記セルライブラリ内に用意されている各セルごとの遅延特性を参照することにより、探索された経路上に存在する個々のセルごとの遅延時間を算出するセル遅延時間算出手段と、

前記集積回路を実際に製造する上で用いるプロセスデータおよび前記レイアウトデータを参照することにより、セル間配線の抵抗値および容量値を算出し、この抵抗値および容量値に基づいて、探索された経路上に存在する個々のセル間配線ごとの遅延時間を算出する配線遅延時間算出手段と、

前記セル遅延時間算出手段により算出された個々の遅延時間と、前記配線遅延時間算出手段により算出された個々の遅延時間と、を加算し、その合計を、前記始点ノードと前記終点ノードとの間の遅延時間として出力する遅延時間加算手段と、

を備えることを特徴とする集積回路における指定ノード間の遅延時間算出装置。

**【請求項2】** 請求項1に記載の遅延時間算出装置において、

ノード指定手段が、セル相互の接続関係をディスプレイ画面上に表示することによりオペレータへの提示を行い、この画面上の1点をマウスで指定することによりノード指定を行う第1の指定機能と、セル間ノードの各ノード名をオペレータに提示し、特定のノード名をキーボードから入力することによりノード指定を行う第2の指定機能と、を選択的に実行できるように構成されていることを特徴とする集積回路における指定ノード間の遅延時間算出装置。

**【請求項3】** 請求項1または2に記載の遅延時間算出装置において、

経路探索手段が、始点ノードから終点ノードに至るまで、一方向に信号が流れる経路が形成されているか否かを判断し、そのような経路が形成されていない場合には、オペレータに対してエラーの通知を行う機能を有することを特徴とする集積回路における指定ノード間の遅延時間算出装置。

**【請求項4】** 請求項1～3のいずれかに記載の遅延時間算出装置において、

セル遅延時間算出手段が、特定のセルについての遅延時間を算出する際に、算出対象となるセルについて後段に接続された負荷容量と遅延時間との相関関係を示す情報と、この算出対象となるセルの後段のセルについての入力容量を示す情報と、をセルライブラリから抽出し、前記相関関係を用いて算出対象となるセルの遅延時間を求めることを特徴とする集積回路における指定ノード間の遅延時間算出装置。

**【発明の詳細な説明】****【0001】**

**【発明の属する技術分野】** 本発明は、集積回路における指定ノード間の遅延時間算出装置、特に、スタティック解析法に基づいて遅延時間を自動的に算出する装置に関する。

**【0002】**

**【従来の技術】** 大規模集積回路を設計する場合、通常、過去の設計資産として構築されたセルライブラリを利用し、このセルライブラリ内のセルを組み合わせることにより所望の集積回路を実現する方法が採られる。実際には、セルに関する種々の情報をデジタルデータとしてもったセルライブラリが用意され、コンピュータを用いた自動レイアウトツールにより、このセルライブラリ内のデジタルデータを利用した回路設計作業が行われることになる。こうして、セルの組み合わせにより大規模集積回路の設計が完了すると、続いて、その回路動作の検証が行われ、問題点があれば設計変更が行われる。このような回路動作の検証を行う上では、特に、回路各部の遅延時間を考慮することが重要である。遅延時間が予想外の値になると、当初の設計どおりの論理動作が正常に行われなくなる可能性がある。

**【0003】** 一般に、大規模集積回路における任意の2つのノード間の遅延時間を求める方法としては、ダイナミック解析法とスタティック解析法とが知られている。ダイナミック解析法は、設計した回路の物理的性質（各層の幅、厚み、不純物濃度など）に基づいて、実際の信号伝播過程をリアルタイムでシミュレーションする方法であり、SPICEなどの論理シミュレータを用いて行われる。一方、スタティック解析法は、2つのノード間の経路上に存在する各要素ごとにそれぞれ遅延時間を求め、これらの遅延時間の総和をこの2つのノード間の遅延時間として求める方法である。スタティック解析法では、ダイナミック解析法に比べて、検証精度は多少低くなるが、コンピュータの演算負担は格段に軽減される。

**【0004】**

**【発明が解決しようとする課題】** 上述したスタティック解析法により2つのノード間の遅延時間を求める場合、従来は、目的となる経路を手作業で抽出し、個々の要素の遅延時間を手作業で計算していたため、無駄が多く、作業効率が低いという問題があった。

**【0005】** そこで本発明は、集積回路における任意の

## 3

指定ノード間の遅延時間を自動的に算出することができる装置を提供することを目的とする。

## 【0006】

## 【課題を解決するための手段】

(1) 本発明の第1の態様は、予め用意されたセルライブラリ内のセルを組み合わせることにより設計された集積回路において、指定された2つのノード間の遅延時間を算出するための装置において、設計された集積回路の構成を示すレイアウトデータに基づいてセル相互の接続関係をオペレータに提示し、セル間に存在する複数のノードの中から始点ノードと終点ノードとを指定する情報を入力するノード指定手段と、レイアウトデータに基づいて、始点ノードから終点ノードに至るまでの経路を探索する経路探索手段と、セルライブラリ内に用意されている各セルごとの遅延特性を参照することにより、探索された経路上に存在する個々のセルごとの遅延時間を算出するセル遅延時間算出手段と、この集積回路を実際に製造する上で用いるプロセスデータおよび上述のレイアウトデータを参照することにより、セル間配線の抵抗値および容量値を算出し、この抵抗値および容量値に基づいて、探索された経路上に存在する個々のセル間配線ごとの遅延時間を算出する配線遅延時間算出手段と、セル遅延時間算出手段により算出された個々の遅延時間と、配線遅延時間算出手段により算出された個々の遅延時間と、を加算し、その合計を、始点ノードと終点ノードとの間の遅延時間として出力する遅延時間加算手段と、を設けるようにしたものである。

【0007】(2) 本発明の第2の態様は、上述の第1の態様に係る遅延時間算出装置において、ノード指定手段が、セル相互の接続関係をディスプレイ画面上に表示することによりオペレータへの提示を行い、この画面上の1点をマウスで指定することによりノード指定を行う第1の指定機能と、セル間ノードの各ノード名をオペレータに提示し、特定のノード名をキーボードから入力することによりノード指定を行う第2の指定機能と、を選択的に実行できるように構成したものである。

【0008】(3) 本発明の第3の態様は、上述の第1または第2の態様に係る遅延時間算出装置において、経路探索手段が、始点ノードから終点ノードに至るまで、一方向に信号が流れる経路が形成されているか否かを判断し、そのような経路が形成されていない場合には、オペレータに対してエラーの通知を行う機能を有するようにしたものである。

【0009】(4) 本発明の第4の態様は、上述の第1～第3の態様に係る遅延時間算出装置において、セル遅延時間算出手段が、特定のセルについての遅延時間を算出する際に、算出対象となるセルについて後段に接続された負荷容量と遅延時間との相関関係を示す情報と、この算出対象となるセルの後段のセルについての入力容量を示す情報と、をセルライブラリから抽出し、この相関

## 4

関係を用いて算出対象となるセルの遅延時間を求めるようにしたものである。

## 【0010】

【発明の実施の形態】以下、本発明を図示する実施形態に基づいて説明する。図1は、一般的な大規模集積回路の設計方法を示す概念図である。現在、一般的な集積回路の設計は、コンピュータを用いた自動レイアウトツール10を利用して行われる。これまでの設計資産として、既に多数のセルについてのセルライブラリCが構築されており、設計者は、このセルライブラリC内のセルを組み合わせるることにより、所望の集積回路を設計することができる。このような設計作業を行うと、自動レイアウトツール10によって、自動的にレイアウトデータLが作成される。このレイアウトデータL内には、半導体ウエハ上に形成される個々の層を示す図形レベルのデータまでが含まれており、このレイアウトデータLに基づいて作成されるマスクパターンを用いて、実際の半導体素子を製造することができる。

【0011】図2は、自動レイアウトツール10によって設計された大規模集積回路20の一例を示す概念図である。通常は、図示のように、多数のセル21が列状に隣接して配置され、そのような列が互いに所定間隔をおいて複数配置されることになる。そして、個々のセルとセルとの間は、列間の空隙部に形成された配線22によって連結される。図2では、説明の便宜上、5つのセルからなるセル列を3本配置した状態が示されているが、実際の大規模集積回路では、非常に多数のセルがこのような形態で配置され、セル相互間にも多数の配線がなされることになる。もっとも、セル21とセル間の配線22とによって大規模集積回路が形成されるという本質的な部分については、図2の概念図に示されている大規模集積回路20も実際の大規模集積回路も変わりはない。このような大規模集積回路20の動作検証を行う上で、2つのノード間の遅延時間を求める必要が生じる。本発明は、このように予め用意されたセルライブラリ内のセルを組み合わせるることにより設計された大規模集積回路20において、指定されたノード間の遅延時間を自動的に算出することができる装置を提供するものである。

【0012】図3は、本発明に係る遅延時間算出装置の基本構成を示すブロック図である。この装置の主たる構成要素は、ノード指定手段1、経路探索手段2、セル遅延時間算出手段3、配線遅延時間算出手段4、遅延時間加算手段5である。これらの各手段は、実際には特定のコンピュータソフトウェアによって実現され、図における円筒状のブロックは、これら各手段によって取り扱われるデータを示している。レイアウトデータLは、図1で説明したように、自動レイアウトツール10による設計作業によって得られるデータであり、図2に示す大規模集積回路20の構成を示すデータである。

【0013】ノード指定手段1は、このレイアウトデー

## 5

タしに基づいて、セル相互の接続関係をオペレータに提示し、セル間に存在する複数のノードの中から始点ノードと終点ノードとを指定する情報を入力する機能を有する。この実施形態では、ディスプレイ画面上に、図2に示すような表示を行い、オペレータに個々のセルの接続関係を提示し、オペレータにマウスを用いてこの画面上の1点を指定させることによりノード指定を行う第1の指定機能と、ディスプレイ画面上に個々のノード名を表示し、オペレータにキーボードを用いてこのノード名を指定する入力を行わせることによりノード指定を行う第2の指定機能とを用意してある。オペレータはいずれかの機能を選択して、始点ノードと終点ノードとの入力を行うことになる。

【0014】具体的には、たとえば、図2に示すような表示がディスプレイ画面上になされることになる。オペレータが第1の機能を選択した場合は、画面上に表示されている配線22上のセル間ノードN1~N5の位置をマウスで入力することにより、始点ノードおよび終点ノードの指定を行うことになる。第2の機能を選択した場合には、「N1」というような個々のノード名をキーボードから入力して、始点ノードおよび終点ノードの指定を行うことになる。

【0015】経路探索手段2は、レイアウトデータLに基づいて、ノード指定手段1で指定された始点ノードから終点ノードに至るまでの経路を探索する処理を実行する。ここでは、たとえば、図2に示す大規模集積回路20において、ノードN1が始点ノード、ノードN2が終点ノードとして指定された場合を例にとって説明しよう。レイアウトデータL内には、個々のセル内の各構成要素、それらの接続状態、信号の伝達方向などの情報が含まれているので、経路探索手段2は、始点ノードN1と終点ノードN2とが指定されると、このレイアウトデータLを参照することにより、始点ノードN1から終点ノードN2へ至る経路を探索することができる。この例の場合、ノードN1→セルC22→ノードN3→セルC32→ノードN5→セルC34→ノードN4→セルC25→ノードN2なる経路が探索されることになる。ここで、各ノードはセル間の配線22に対応するものであるから、結局、このように探索された経路は、セルまたはセル間配線によって構成されることになる。

【0016】セル遅延時間算出手段3は、探索された経路上に存在する個々のセルごとの遅延時間を算出する手段である。大規模集積回路20の設計に用いたセルライブラリC内には、個々のセルについての遅延特性の情報が含まれている。したがって、このセルライブラリCを用いれば、大規模集積回路20を構成するすべてのセルについての遅延特性の情報を得ることができ、この遅延特性の情報に基づいて、各セルの上記経路に関する遅延時間を算出することができる。上述の例の場合、経路上にあるセルC22、C32、C34、C25について、

## 6

それぞれ上記経路に関する遅延時間が算出される。

【0017】一方、配線遅延時間算出手段4は、探索された経路上に存在する個々のセル間配線ごとの遅延時間を算出する手段である。個々のセル間配線層の平面的な図形データは、レイアウトデータL内に含まれている。そこで、この大規模集積回路20を実際に製造する上で用いるプロセスデータP（各配線層のシート抵抗値、単位容量値などの他、セル内に存在する各トランジスタを構成する各層の厚みや不純物濃度などを指定するデータ）と、レイアウトデータL内の平面的な図形データとを参照すれば、個々のセル間配線層の電気抵抗値および静電容量値を演算により算出することができる。セル間配線層について、このような寄生抵抗値および寄生容量値が求まれば、一般的なCR遅延回路における遅延時間の算出手法を適用して、個々の配線ごとの遅延時間の算出が可能になる。上述の例の場合、ノードN3、N5、N4に対応する個々の配線ごとの遅延時間が算出される。

【0018】遅延時間加算手段5は、セル遅延時間算出手段3によって算出された遅延時間と、配線遅延時間算出手段4によって算出された遅延時間とを加算し、全経路の遅延時間の合計を求め、この合計遅延時間を、始点ノードから終点ノードに至る経路の遅延時間として出力する機能を有する。上述の例の場合、セル遅延時間算出手段3によって算出されたセルC22、C32、C34、C25のそれぞれの遅延時間と、配線遅延時間算出手段4によって算出されたノードN3、N5、N4に対応する個々の配線ごとの遅延時間との全合計が求められ、始点ノードN1から終点ノードN2に至る経路の遅延時間として出力されることになる。

【0019】図4は、図3に示す装置による遅延時間算出処理の手順を示す流れ図である。この手順は、前段のノード指定処理と後段の遅延時間算出処理とによって構成される。まず、ステップS1において、オペレータはノード指定方法を選択する。前述したように、ノード指定手段1は、マウスによる表示画面上でのノード指定機能と、キーボードによるノード名入力によるノード指定機能とを有している。前者が選択された場合には、ステップS2においてマウスを用いたノード指定が行われ、後者が選択された場合には、ステップS3においてキーボードを用いたノード指定が行われる。こうして、始点ノードおよび終点ノードの指定が完了すると、ステップS4において、経路探索が行われる。この経路探索処理では、前述したように、レイアウトデータLを参照しながら、始点ノードから終点ノードに至る経路が探索される。続くステップS5では、この経路探索処理の結果、始点ノードと終点ノードとが連続しているか否かが判断され、連続していない場合には、ステップS6において、オペレータにエラーを通知する処理が実行され、ステップS1へと戻ることになる。

## 7

【0020】なお、ステップS5における判断処理は、始点ノードと終点ノードとが単に電氣的に連続しているか否かの判断を行うだけでなく、信号の伝達方向をも考慮して、両ノード間が連続しているか否かが判断される。たとえば、図5に示すように、ノードN11→N12→N15という信号の流れと、ノードN13→N14→N15という信号の流れとが定義されており、更にノードN15→N16という信号の流れが定義されていた場合、始点ノードをN11とし終点ノードをN16とする指定や、始点ノードをN13とし終点ノードをN16とする指定を行った場合には、ノード間は連続と判断されるが、始点ノードをN11とし終点ノードをN13とする指定を行ったような場合には、両ノード間は信号の伝達方向を考慮することにより不連続と判断されることになる。要するに、始点ノードから終点ノードに至るまで、一方向に信号が流れる経路が形成されているか否かが判断され、そのような経路が形成されていない場合には、ステップS6において、オペレータに対するエラー通知処理が行われることになる。

【0021】こうして、前段のノード指定処理が完了すると、続いて、後段の遅延時間算出処理が実行される。すなわち、まずステップS7において、始点ノードから順に経路をたどり、算出対象となるセルもしくは配線を選択する。ここで、セルが選択された場合には、ステップS8からステップS9へと進み、セル遅延時間算出手段3によって、選択されたセルについての遅延時間が算出される。一方、配線が選択された場合には、ステップS8からステップS10へと進み、ステップS10において、プロセスデータPを参照することにより、選択された配線についての抵抗値および容量値が算出され、続くステップS11において、配線遅延時間の算出が行われる。

【0022】こうして算出された遅延時間は、ステップS12において累積加算されてゆき、このような処理がステップS13を経て繰り返し実行され、終点ノードまで到達したら、全処理は完了する。前述した具体例の場合、まず、ステップS7において、セルC22が選択され、ステップS9において、セルC22の遅延時間が算出され、この遅延時間がステップS12における累積加算処理の初期値となる。続いて、ステップS13からステップS7へと戻り、今度はノードN3に対応する配線が選択され、ステップS10、S11において、この配線の遅延時間が算出され、ステップS12において、初期値に累積加算される。続いて、再びステップS13からステップS7へと戻り、セルC32が選択されることになる。以下、同様に処理が繰り返され、セルC25についての遅延時間が加算された時点で、全処理が完了することになる。このときの最終累積加算値が、始点ノードN1から終点ノードN2までのノード間遅延時間として出力されることになる。

## 8

【0023】なお、本発明に係る装置では、セル遅延時間の算出は、セルライブラリC内の遅延特性を参照したスタティック解析法に基づいて行っているが、より精度の高いセル遅延時間を算出するためには、セル遅延時間算出手段3において、特定のセルについての遅延時間を算出する際に、算出対象となるセルについて後段に接続された負荷容量と遅延時間との相関関係を示す情報と、この算出対象となるセルの後段のセルについての入力容量を示す情報と、をセルライブラリCから抽出し、この相関関係を用いて算出対象となるセルの遅延時間を求めるようにすることも可能である。通常、セルの遅延時間は、その後段に接続される別なセルの負荷容量によって異なる。たとえば、図2において、セルC22についての遅延時間を算出する場合を考えると、この算出対象となるセルの後段に接続される要素（ノードN3に対応する配線、セルC32、など）の負荷容量によって、算出対象となるセルC22自身の遅延時間も変化する。図6は、算出対象セルの遅延時間と後段の負荷容量との一般的な相関関係を示すグラフであり、後段の負荷容量が増加すると、遅延時間も増加するような相関関係が得られるのが一般的である。そこで、個々のセルについて、この図6に示すような相関関係を示す情報を含んだセルライブラリCを用意しておけば、後段に接続される要素の負荷容量をも考慮したより正確なセル遅延時間の算出が可能になる。

【0024】もっとも、大まかな遅延時間を求める目的でこの装置を用いるのであれば、後段の負荷容量を考慮に入れない算出処理を行っても支障はなく、本発明において、このような後段の負荷容量を考慮することは必ずしも必要な条件ではない。

## 【0025】

【発明の効果】以上のとおり本発明に係る指定ノード間の遅延時間算出装置によれば、集積回路における任意の指定ノード間の遅延時間を自動的に算出することができるようになる。

## 【図面の簡単な説明】

【図1】一般的な大規模集積回路の設計方法を示す概念図である。

【図2】自動レイアウトツールによって設計された大規模集積回路の一例を示す概念図である。

【図3】本発明に係る遅延時間算出装置の基本構成を示すブロック図である。

【図4】図3に示す装置による遅延時間算出処理の手順を示す流れ図である。

【図5】図4に示す流れ図のステップS5におけるノード間の連続判断の方法を説明するためのノード結合図である。

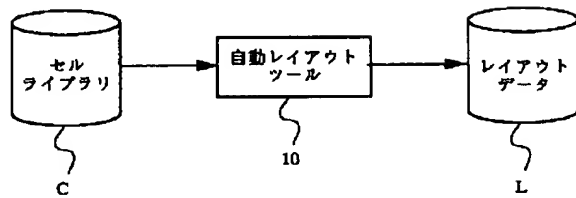
【図6】算出対象セルの遅延時間と後段の負荷容量との一般的な相関関係を示すグラフである。

## 【符号の説明】

- 1…ノード指定手段
- 2…経路探索手段
- 3…セル遅延時間算出手段
- 4…配線遅延時間算出手段
- 5…遅延時間加算手段
- 10…自動レイアウトツール
- 20…大規模集積回路

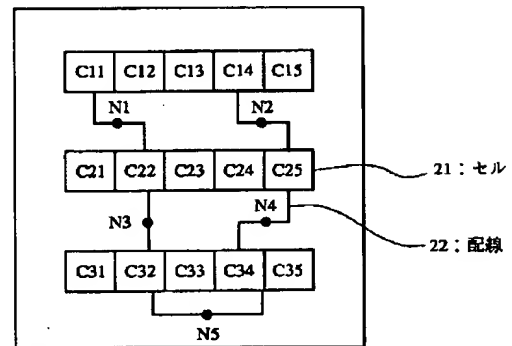
- 21…セル
- 22…セル間の配線
- C…セルライブラリ
- C11～C35…個々のセル
- L…レイアウトデータ
- N1～N5, N11～N16…ノード
- P…プロセスデータ

【図1】

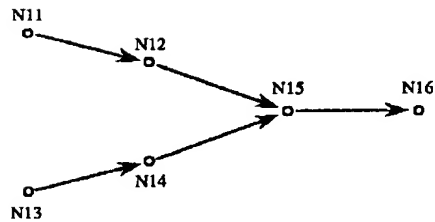


【図2】

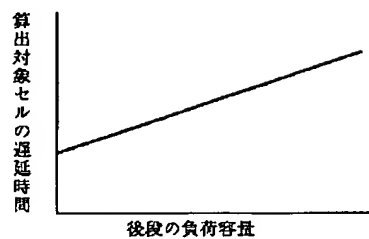
20: 大規模集積回路



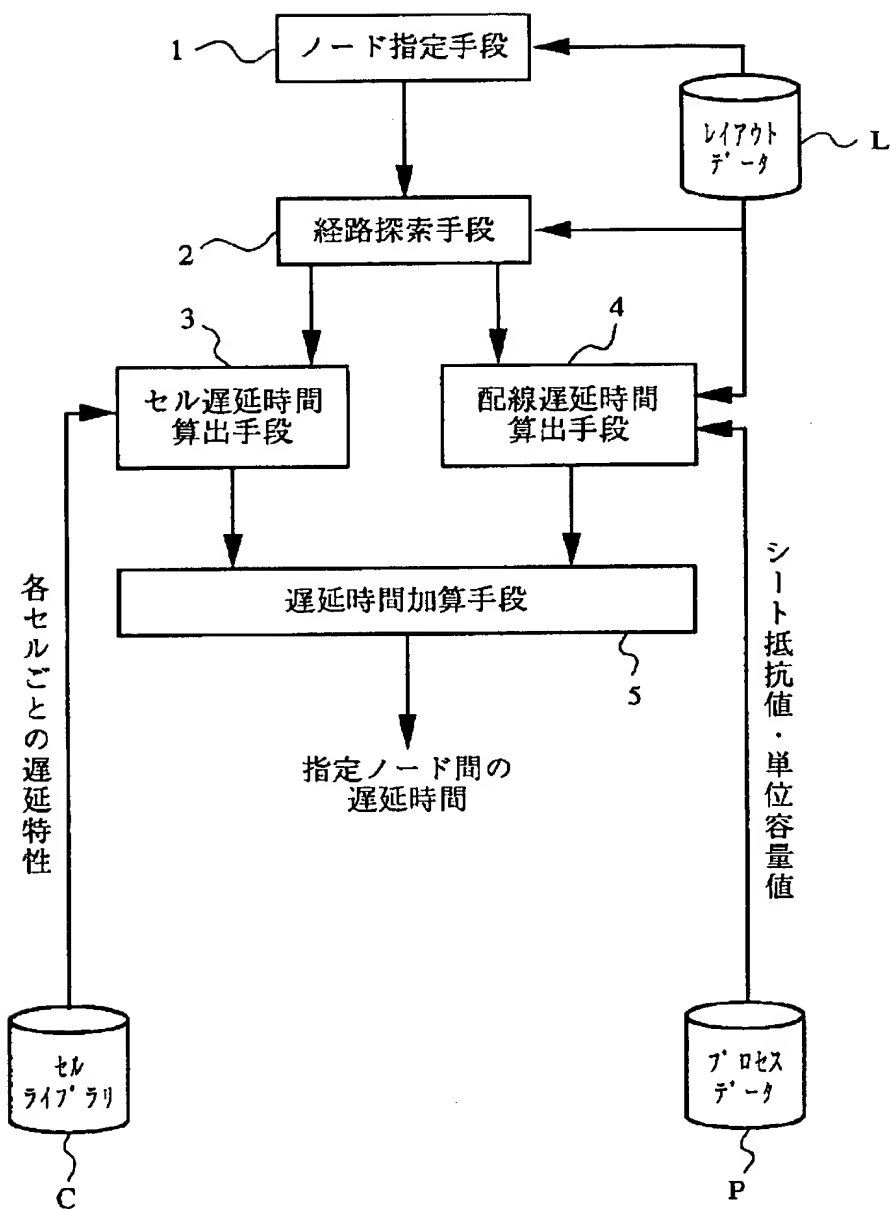
【図5】



【図6】



【図3】



【図4】

